

ARTS3001.kand - Kandidaatintyö

**Lähiöiden energiatehokas korjaaminen:  
Betonielementtien osittainen purkaminen ja  
purettujen elementtien uudelleenkäyttö**



ARTS3001.kand - Kandidaatintyö

# **Lähiöiden energiatehokas korjaaminen: Betonielementtien osittainen purkaminen ja purettujen elementtien uudelleenkäyttö**





# Tiivistelmä

AALTO-YLIOPISTO

Arkkitehtuurin koulutusohjelma

Cairenius, Linda: Lähiöiden energiatehokas korjaaminen. Betonielementtien osittainen purkaminen ja uudelleenkäyttö.

Kandidaatin tutkielma, 32 sivua

Pääaine: Asuntosuunnittelu

Syksy 2015

Avainsanat: Uudelleenkäyttö, lähiökorjaaminen, betonielementit, uusiokäyttö, purkujäte, energiatehokkuus, materiaalitehokkuus, kierrätys

Tämän kandidaatintyön aiheena on tutkia lähiöiden korjaamisen yhteydessä betonielementtien osittaista purkamista sekä purettujen elementtien uudelleenkäyttöä. Tutkimuksen tavoitteena on paitsi edistää rakennus- ja purkujätteen kulkeutumista uudelleenkäyttöön, myös näin toimimalla luoda mielenkiintoista ja houkuttelevaa arkkitehtuuria nykyisille lähiöalueille.

Betonielementtien hyödyntäminen pyrkii vastaamaan tavoitteisiin, joihin koko euroalue, Suomi mukaan lukien, on sitoutunut. Valtioneuvoston asetuksen (179/2012) mukaan vuoteen 2020 mennessä rakennus- ja purkujätteestä tulisi hyödyntää vähintään 70 % muutoin kuin energiana tai polttoaineena.

Työ on toteutettu kirjallisuustutkimuksena, joka jakautuu karkeasti kolmeen osaan. Ensimmäisessä osassa tarkastellaan lähiöiden historiaa sekä nykytilaa. Tämä osio antaa vastauksen siihen, miten lähiöt ovat syntyneet ja miksi niiden nykytila on noussut jälleen ajankohtaiseksi. Toisessa osiossa käydään läpi paitsi teknisesti miten betonielementtejä voidaan hyödyntää uudelleen, myös mitä mahdollisuuksia se antaa arkkitehtuurin näkökulmasta. Kolmannessa osiossa tarkastellaan aiempien esimerkkikohteiden avulla, millaista arkkitehtuuria näin toimien voidaan saada aikaiseksi.

Tutkimuksen keskeisiä tuloksia on, että poiketen aiemmista ennakkoluuloista nykyiset lähiöiden betonielementit ovat varsin hyväkuntoisia ja soveltuvat uudelleenkäyttöön. Ne tarjoavat mahdollisuuden nykyisten lähiöiden imagon nostamiseen, mielenkiintoisen arkkitehtuurin luomiseen sekä energiatehokkaaseen korjaamiseen.

Tutkimuksen perusteella aiemmin rakennus- ja purkujätteenä nähdyt betonielementit voidaan hyödyntää uudessa käyttötarkoituksessa. Johtopäätöksien perusteella betonielementtien kierrättämistä ei kuitenkaan voida nähdä kaikenkattavana ratkaisuna nykyiseen luonnonvarojen kestävämmään käyttöön. Betonielementtien kierrättäminen voidaan nähdä mahdollisuutena pidentää olemassa olevien rakennusosien käyttöikää. Siihen, miten betonielementtejä pystytään hyödyntämään tämän jälkeen kestävässä resurssienkierrossa, tämä tutkimus ei anna ratkaisuja.

**Tiivistelmä**

**Sisällysluettelo**

**Johdanto**

**1 MIKSI:**

- 1.1 Yhteiskunnalliset taustatekijät
  - 1.1.1 Elementtirakentaminen ratkaisuksi valtavaan asuntopulaan
  - 1.1.2 Nykypäivän lähiöissä yhdistyvät suurimmat rakennuskantaamme koskevat haasteet
- 1.2 Miksi rakennusalalla pitäisi kierrättää?
- 1.3. Betonielementtejä kierrätämällä monipuolista ja energiatehokasta rakentamista lähiöihin

**2 MITEN:**

- 2.1 Betonielementtien uudelleenkäyttö
  - 2.1.1 Elementtitekniikka mahdollistaa ehjänä purkamisen
  - 2.1.2 TES-järjestelmä moderniksi vastineeksi betonielementtirakennusten peruskorjaukseen
  - 2.1.3 Kierrätystavoite vaatii arkkitehdilta entistä enemmän luovuutta

**3 MILLAISTA:**

**Yhteenveto**

**Lähdeluettelo**

# Johdanto

William McDonoughin sekä Michael Braungartin teos Cradle to cradle – remaking the way we make things, nosti esille ajatuksen resurssien jatkuvasta kierrosta. Maapallo ei ole loputon varasto luonnonvaroja ihmisen tarpeisiin, ja kerran käyttöön otettuja resursseja tulisi hyödyntää mahdollisimman pitkään. Nykyinen “take, make, waste” -ajatusmaailma ei luo kestäväää pohjaa olemassa olevien resurssien hyödyntämiseen.

Päätavoite kandidaatintyössä on paitsi vähentää rakennus- ja purkujätteen määrää edistämällä lähiöissä käytettyjen betonielementtien uudelleenkäyttöä, myös luoda näin toimimalla mielenkiintoista ja houkuttelevaa arkkitehtuuria. Nykypäivän lähiöiden tekninen korjaus on pelkkä välttämättömyys, eikä se ratkaise niihin liittyviä muita ongelmia. Negatiivinen mielikuva lähiöistä istuu tiukasti eikä siksi esimerkiksi sosiaalsiin ongelmiin saada ratkaisua kevyellä peruskorjauksella.

Rakennusten purkaminen kokonaan uuden rakennuskannan tieltä ei puolestaan vastaa ympäristötavoitteisiin, joihin koko Euroopan unioni (EU) on sitoutunut. Kestävän kehityksen näkökulmasta olemassa olevan rakennuskannan muokkaaminen on purkamista ja uudistarakentamista järkevämpää. Kun puretuista betonielementeistä voidaan lisäksi rakentaa energiatehokkaasti uutta, voi rakennusosien uudelleenkäyttö toimia uudistamisen motivaattorina. Asuinkerrostalojen osittainen purkaminen, madaltaminen ja uudelleenrakentaminen tarjoaa keinon muuttaa elementtitalojen yksitoikkoista massoitte-lua, mutta samalla se mahdollistaa taloudellisen ja ekologisen tavan hyödyntää olemassa olevaa infrastruktuuria, sekä kehittää nykyistä lähiökantaamme.

Tutkimuksessani keskityn ensisijaisesti betonielementtien kierrättämiseen, mutta puun käytön ottaminen osaksi kandidaatintutkimusta on perusteltua sekä arkkitehtonisen ja vaihtelevan ilmeen saavuttamiseksi, että luonnonvarojemme kestävä-n käytön puolesta. Puun käyttö lähiöiden korjauksessa on arvokasta paitsi ympäristösyistä, myös betonielementtien lämmöneristävy-yden parantamisen näkökulmasta.

Betonielementtien kierrättämiseen keskitytään pääasiallisesti siksi, että ne ovat yleensä massiivisia ja niihin sitoutunut energiamäärä on suuri. Ne ovat lisäksi yleensä pitkäaikaisia, jolloin niiden uudelleenkäyttö edistää parhaiten ekotehokkuutta ja vähentää jätteiden syntymistä. Rakennustekniset seikat mahdollistavat myös niiden purkamisen ehjänä. Kandidaatintutkimuksessa pyritään ensisijaisesti vastaamaan kysymyksiin miksi rakennusosia pitäisi kierrättää, miten kierrätys on taloudellisesti ja teknisesti mahdollista sekä millaista arkkitehtuuria näin toimien voidaan rakentaa.

# 1. MIKSI

## 1.1. Yhteiskunnalliset taustatekijät

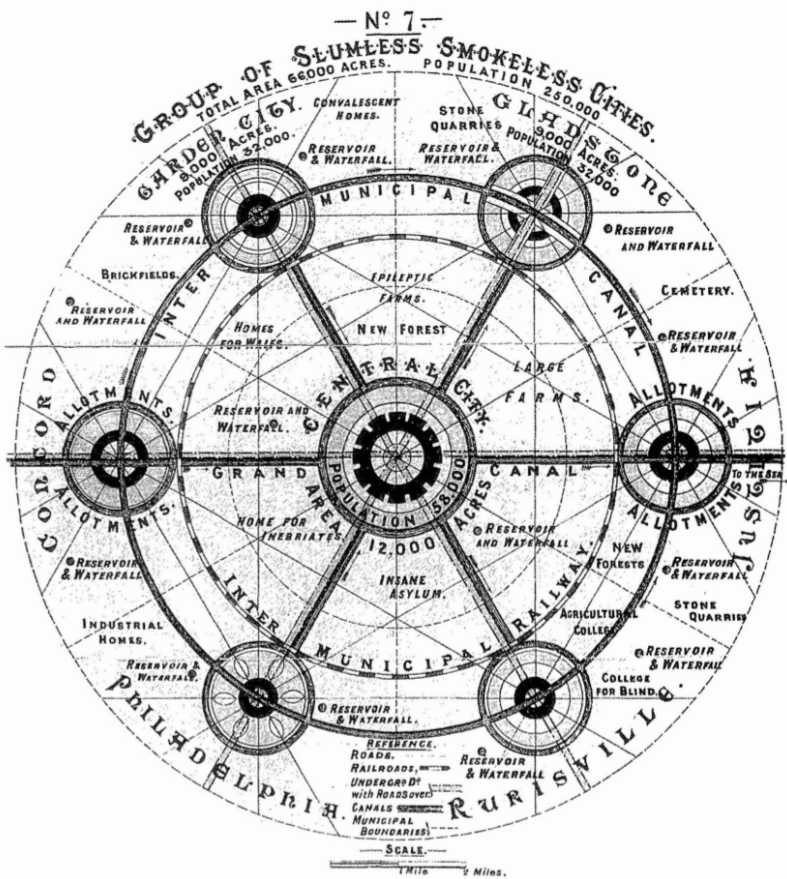
### 1.1.1 Elementtirakentaminen ratkaisuksi valtavaan asuntopulaan

Kaupunkikeskustojen ulkopuolelle syntyneiden asutokeskittymien, lähiöiden, voidaan katsoa syntyneen maahamme toisen maailmansodan jälkeen. Vuonna 1949 kaupunkien katastrofaalista asuntopulaa korjaamaan päätettiin perustaa valtiollinen elin, Asuntorakennusvaltuuskunta Arava. (Huuhka, Satu. 2010.) Aravajärjestelmän oli tarkoitus käynnistää asuntotuotanto nimenomaan kaupunkitaajamissa. Asuntopulan poistaminen ja sosiaalisesti tarkoituksenmukaisen asuinrakennustuotannon aikaansaaminen ja ylläpitäminen olivat lain ensisijaisia tavoitteita. (Hurme, Riitta. 1994.)

Suomen ensimmäinen asemakaavaopin professori Otto-Iivari Meurman julkaisi vuonna 1947 teoksensa Asemakaavaoppi, jonka mukaan ihannekaupungissa luonto hallitsee ihmisen aikaansaannoksia (Huuhka, Satu. 2010). Meurman esitti, että kaupunkiasutus on suunniteltava toisistaan erillisiksi siten, että asumakunnat erotetaan toisistaan metsän, viljelysten ja puistoalueiden avulla. Ajatuksensa Meurman oli ammentanut brittiläiseltä Ebenezer Howardilta, jonka ajatukset puutarhakaupunki-ideologiasta syntyivät jo 1800-luvun lopussa. Howardin keskeisiin ajatuksiin kuului maaseudun ja kaupungin yhdistäminen siten, että kummankin hyvät ominaisuudet tulisivat esille, mutta huonot karsittaisiin pois. (Hurme, Riitta. 1994.)

Maa- ja metsätalouden rationalisointi työnsi ihmisiä maalta kaupunkiin paremman toimeentulon toivossa. Asumisen laatu sen aikaisissa kaupungeissa oli huono ja asuntojen tarve valtava. Asuntopulan ratkaisemiseksi arkkitehdit alkoivat etsiä standardiratkaisuja jo 1950-luvulla. Arkkitehtiliitto ajautui kuitenkin sisäisiin ongelmiin vuosina 1953-1957, jolloin arkkitehtikunnan passivoituminen päästi teollisen kehityksen jatkumaan teollisuuden ehdoilla. Arkkitehdin rooli vaihtui työprosessia alusta loppuun valvovasta suunnittelijasta henkilöksi, jonka tehtäväksi jäi ennemminkin asiantuntijan ja valmiiden suunnitelmien läpiviejän rooli. (Huuhka, Satu. 2010.)

Tultaessa 1960-luvulle elementtirakentaminen nähtiinkin ainoana mahdollisena ratkaisuna asuntojen hintojen kohtuullistamiselle sekä asuntopulan ratkaisemiselle. Rakentamisen rationalisoinnin perusteluna on pidetty kustannusten hallintaa, joka ei usein kuitenkaan usein näkynyt toteutuneiden asuntojen hinnoissa. (Huuhka, Satu. 2010.)



Kuva 1: Ebenezer Howardin puutarhakaupunki-ideologia. Puutarhakaupungit ovat isojen kaupunkien ympärille muodostettuja pienempien alueiden piirejä, joiden väliin jää luonnonmukaisuutta ja puhtaampaa ympäristöä edistäviä puistoalueita.

Lähiöiden koko kasvoi läpi 1960-luvun rakennuttajien hankkiessa maata kaupunkien keskustojen ulkopuolelta. Lähiöit siirtyivät yhä kauemmaksi ydinkeskustoista, mikä lisäsi yksityisautoilua ja kasvatti parkkialueiden kokoa. Työpaikkaliikenne alkoi tukkia kaupunkien keskustat. Ruotsalaisten asiantuntijoiden avulla saatiin aikaan asemakaavasäädöksiä, joilla päästiin ideaalityömaatilanteeseen elementtirakentamisen kannalta. Säädökset koskivat rakennusmassojen muotoa ja sijoittelua tontilla. Rakennuksista poistettiin muun muassa turhat kulmat ja ulokkeet, mutta myös asuinympäristön suunnittelu on muuttunut toisarvoiseksi, sillä tuotannon tehokkuus saneli säännöt. Asuntotuotannon avainsanoja olivat myös teollinen sarjatuotanto, esivalmisteiset rakennusosat, moduulimitoitus ja standardisointi. (Huuhka, Satu. 2010.)

Kuva 2: Tapiolan itäinen lähiö konkretisoi puutarhakaupungin ihanteet. Alue rakentui pääosin vuosina 1953-1957.





### 1.1.2. Nykypäivän lähiöissä yhdistyvät suurimmat rakennuskantaamme koskevat haasteet

Lähiöiden nykytilaa arvioitaessa ja tulevaisuutta suunniteltaessa on valitettavaa, että lähiöiden suurin ongelma on se, ettei juuri kukaan halua asua lähiössä. Lähiössä asutaan, jos muuta vaihtoehtoa ei taloudellisesti ole tai väliaikaisesti halutaan säästää rahaa. (Lappalainen, Noona. 2012) Silti lähiörakennuksissa asuu lähes joka neljäs suomalainen ja ne muodostavat merkittävän osan maamme kansallisvarallisuudesta. Siksi lähiöissä yhdistyvät suurimmat rakennuskantaamme koskevat haasteet. (Kiuru, Krista. 2014.)

Toisen maailmansodan jälkeisinä vuosina rakennetut lähiöt ovatkin arkkitehtuurinsa puolesta sikäli poikkeuksellisia, että niitä ei nähdä erityisen historiallisina eikä taiteellisina. Lähiöt ovat kuitenkin suuri ja näkyvä osa maamme rakennuskantaa ja se on yhteydessä moniin yhteiskunnan muutosprosesseihin. Kiinnostus lähiöitä kohtaan lisääntyy väistämättä alueiden korjaustarpeen myötä. Niiden nykyinen imago on mahdollista nähdä potentiaalina uusiin ja innovatiivisiin ratkaisuihin. (Hurme, Riitta. 1994.)

Peruskorjausikään tulevissa 1960-1970-luvulla rakennetuissa betonirunkoisissa kerrostaloissa on asuntoja kaikkiaan n. 570 000, joten korjauksessa on kyse laajaa osaa väestöstämme koskevasta urakasta. Lähitulevaisuudessa lähiöiden korjaus- ja täydennysrakentaminen on maassamme rakentamisen painopiste, jolle energiatehokkuuden tehostamisen tavoitteet luovat merkittävän lisähaasteen. (Soikkeli, Anu. 2011.)

Jo nyt on tiedossa, että lähivuosina tullaan myös olemassa olevaan rakennuskantaan kohdistamaan energiatehokkuuden parantamisen vaatimus aina silloin kun rakennuksia muutoinkin korjataan. Tämä on hyvin perusteltua, sillä uudisrakentaminen vaikuttaa koko rakennuskannan energiatehokkuuden paranemiseen vain hyvin hitaasti. Ilman olemassa olevien lähiöiden energiakorjausta ei ole mahdollista saavuttaa Suomelle asetettuja energiatehokkuuden parantamisen tavoitteita, sillä uudisrakentamisen vaikutus rakennuskannan energiatehokkuuden parantamiseen on hidas prosessi. (Koiso-Kanttila, Jouni. 2011)

Lähiöihin rakennettujen rakennusten lämmöneristävyys nykyisellään ei vastaa enää olemassa olevia energiatehokkuusmääräyksiä. Lähiökerrostalojen korjausmahdollisuudet muuttuivat kuitenkin oleellisella tavalla huhtikuussa 2011 voimaantulleiden uusien palomääräysten myötä, sillä uudet määräykset mahdollistavat keveiden puurakenteisten lisäkerrosten rakentamisen asuinkerrostaloihin ja rakennusten ulkoseinien korjaamisen ja lisäeristämisen käyttäen keveitä puurunkoisia elementtejä (Suomen rakentamismääräyskokoelma, E1. 2011).

Teknisten ongelmien lisäksi lähiöissä on usein myös sosiaalisia ongelmia, mikä vahvistaa edelleen mielikuvaa epähoukuttelevasta asuinalueesta. Segregaatiokierteen katkaisemiseksi tarvitaan ennen kaikkea radikaalia muutosta. (Soikkeli, Anu. 2011.)

Kuva 3: Jakomäen lähiö. 1960-luvulla valmistunut Jakomäen lähiö purettiin vuoden 2014 lopussa, sillä korjaaminen nähtiin kalliimmaksi kuin uuden rakentaminen.

Lähiöiden taloja on toki korjattu jo tähän mennessä. Niiden putkistoja on uusittu ja kylpyhuoneiden vedeneristystä vaihdettu, rapautuvia betonisten julkisivuelementtien ulkokuoria on suojattu levytyksin tai lämpörappauksin ja hajoavia betoniparvekkeita on uusittu. (Koiso-Kanttila, Jouni. 2011.) Kevyt pintaremontti ja välttämätön tekninen korjaaminen ei kuitenkaan riitä muuttamaan huonomaineisiksi leimautuneiden lähiöiden negatiivista kierrettä. Teknisten ongelmien lisäksi lähiöissä on usein myös sosiaalisia ongelmia, mikä vahvistaa edelleen mielikuvaa epähoukuttelevasta asuinalueesta. Segregaatiokierteen katkaisemiseksi tarvitaan ennen kaikkea radikaalia muutosta. (Soikkeli, Anu. 2011.)

Kohtuuhintaisen asumisen mahdollisuuksien parantaminen on avainasemassa, kun puhutaan syrjäytymisen, huono-osaisuuden ja erilaisten ongelmien kasautumisen sekä asunnottomuuden ehkäisemisestä kaupunkiseudulla. Etenkin Helsingissä asuinalueiden eriytyminen on voimistumassa ja alueilta on havaittavissa kantaväestön kasvavaa poismuuttoa. Tämänkaltaisen kehitys johtaa usein segregaatiokierteeseen asuinalueilla. Asuntojen hintojen laskiessa usein myös sosiaaliset ongelmat alueella kasvavat. (Kiuru, Krista. YM. 2014)

Lähiöiden lisä- ja täydennysrakentaminen onkin samalla yleensä myös alueiden nykyisten asukkaiden etu. Hiipuvien lähiöiden asukasmäärät ovat laskeneet vuosikymmenten saatossa. Tämä on merkinnyt sitä, että niiden kaikki palvelut, mukaan lukien joukkoliikenne, ovat heikentyneet. Uusi rakentaminen ja uudet asukkaat tuovat mukanaan myös palveluita, mikä vahvistaa hyvinvointia sekä sosiaalista eheyttä alueella. (Koiso-Kanttila, Jouni. 2011.)



## 1.2 Miksi rakennuslalla pitäisi kierrättää?

Rakentamisessa kulutetaan paljon luonnonvaroja ja tuotetaan merkittävä määrä haitallisia päästöjä. Rakennusmateriaalien valmistukseen kuluu sekä uusiutuvia, että uusiutumattomia raaka-aineita ja energiaa. Jopa 40 % Euroopan kokonaisenergiankulutuksesta ja noin kolmannes CO<sub>2</sub> päästöistä liittyy rakennuksiin. (Talja, Asko. VTT. 2014.) Arkkitehdin näkökulmasta tämä tarkoittaa sitä, että suunnitteluvaiheessa lyödään lukkoon noin 80 prosenttia rakennuksen tulevista käyttö- sekä energiankustannuksista. (Energianeuvonta. 2015.)

Kokonaisuudessaan rakentamisesta ympäristövaikutuksia aiheutuu etenkin raaka-aineiden hankinnasta, tuotteiden valmistuksesta, kuljetuksista, rakennusmaan käyttöönnotosta sekä itse rakentamisesta. Osa ympäristövaikutuksista aiheutuu kuitenkin käytönaikaisesta energiankäytöstä, joka aiheutuu muun muassa halutun sisäympäristön ja muun toimivuuden ylläpitämisestä. (Ruuska, Häkkinen, Vares. Ympäristöministeriö. Helsinki, 2013.)

Käytönaikaisen energiankäytön vähentämiseen on herätty varsin tehokkaasti. Vähemmälle huomiolle ovat jääneet päästöt, jotka aiheutuvat rakennuksen purkamisesta, jätteen hyödyntämisestä sekä loppusijoituksesta. Valtioneuvoston asetuksen (179/2012) mukaan rakennus- ja purkujätteestä tulisi vuoteen 2020 mennessä hyödyntää vähintään 70% muutoin kuin energiana tai polttoaineena, ja tähän tavoitteeseen tässä tutkimuksessa pyritään vastaamaan. Etenkin arkkitehdin näkökulmasta tämä tarkoittaa sitä, että vastuullisesti suunniteltaessa, tulisi huomioon ottaa paitsi rakennuksen tuleva käyttö, myös kierrätys- sekä uudelleenkäyttömahdollisuudet.

EU:n jätepuitedirektiivissä on määritelty jätehuollon tavoitteiden tärkeysjärjestys. Direktiivissä säädetään yleisesti jätteen syntymisen ehkäisemisestä ja jätehuollosta EU:ssa. Ensisijaisena vaihtoehtona on jätteen synnyn ehkäiseminen, toisena raaka-aineiden ja materiaalien uudelleenkäyttö. Kierrätys, joka tutkimuksessa elementtien osalta tarkoittaa betonin murskaamista ja käyttämistä hyödyksi esimerkiksi maantäyttöaineena, on vasta kolmantena. Puitedirektiivin tarkoituksena on ennen kaikkea pidentää materiaalin käyttöikää ja näin ollen vähentää tarvetta uusien raaka-aineiden käyttöön. (Jätepuitedirektiivi 2008/98.) Ekologisesti kestävä rakentamisen tavoitteena onkin luonnonvarojen säästeliäs ja järkevä käyttö sekä ympäristöhaittojen vähentäminen. Uusio- ja uudelleenkäytön tarkoituksena on raaka-aineiden ja energian säästäminen ja sitä kautta päästöjen sekä kaatopaikkajätteen vähentäminen. (Huuhka, Satu. 2010.)

Kuva 4: EU:n jätepuitedirektiivissä määritelty jätehuollon tavoitteiden tärkeysjärjestys.





Kuva 5: Vuoteen 2020 70 % rakennus- ja purkujätteestä tulisi hyödyntää muutoin kuin energiana tai polttoaineena.

Rakennus- ja purkujätteestä jopa 70 % on betonia, joten vaikka hyötykäyttäisimme sataprosenttisesti kaikki muut materiaalijakeet, ei tavoitetta saavuteta ilman betonin kierrätystä. EU:ssa yhteisesti sovittujen periaatteiden täyttäminen edellyttää Suomelta rakennusosien uudelleenkäytön huomattavaa laajentamista. Betonielementtien uudelleenkäyttö on käyttökelpoisimpia tapoja toteuttaa näitä velvoitteita. (Huuhka, Satu. 2010.)

Rakennusosien uudelleenkäytöllä tarkoitetaan tässä tutkimuksessa sen palauttamista kulutuksen ja tuotannon kiertoihin. Osat voidaan hyödyntää näin ollen joko uudelleenkäyttämällä, kierrättämällä, muulla tavoin materiaalina tai energiana. Kertaalleen valmistetun materiaalin työstäminen uudelleen raaka-aineeksi vie yleensä vähemmän energiaa sekä luonnonvaroja, kuin uuden materiaalin työstö. (Ruuska et al. 2013.)





### 1.3 Betonielementtejä kierrättämällä monipuolista ja energiatehokasta rakentamista lähiöihin

Vaatimukset vaihtelevamman ja monipuolisen kerrostaloasumisen puolesta ovat lisääntyneet samalla kun asuntopolitiikasta on tullut aiempaa markkinaohjautuvampaa (Helsingiläinen kerrostaloatlas. 2006). Vetovoimaisuuden parantamiseksi ja sosiaalisen segregaaation ehkäisemiseksi etenkin lähiöissä tarvitaan uutta, houkuttelevaa arkkitehtuuria. Väestörakenteen muutokset edellyttävät myös uusien asuntotyyppien rakentamista. Betonielementtien uudelleenkäyttö tarjoaa vastauksia energiatehokkaaseen, vastuulliseen lähiökorjaamiseen sekä pien- ja perheasuntojen rakentamiseen. (Huuhka, Satu. 2010.)

Nykyisistä lähiöistä ei löydy riittävästi asuntovaihtoehtoja eri elämäntyylien toteuttamiselle. Lähiöiden kerrostaloja sekä asuinympäristöjä vaivaa liiallinen samankaltaisuus (Helsingiläinen kerrostaloatlas. 2006). Olemassa olevien rakennusten osittainen purkaminen ja madaltaminen onkin keino muuttaa lähiötalojen yksitoikkoista massoittelevaa energiakorjausten yhteydessä. Betonielementtien kierrättämisen näkökulmasta on paitsi taloudellisesti, myös ekologisesti tehokasta sijoittaa kierrätetyt elementit mahdollisimman lähelle purkupaikkaa. Näin säästetään paitsi kuljetuskustannuksissa, myös kasvihuonepäästöissä, joita painavien elementtien kuljettaminen väistämättä aiheuttaa. (Huuhka, Satu. 2010.)

Kierrätetyistä elementeistä tapahtuva matalaenergiatasoinen, tiivis ja matala täydennysrakentaminen tuo lähiöihin – paitsi uusia asuntotyyppiejä – myös mielenkiintoisen ominaispiirteen ja houkuttelevan imagon, joka on juuri sitä mikä aluerakentamisella syntyneiltä lähiöiltä on puuttunut. Osittainen purkaminen ja kierrätysrakentaminen yhdessä ovat osoitus ekologisesta vastuunkannosta ja mahdollistavat uudenlaisen ekoestetiikan. (Huuhka, Satu. 2010.)

Se, että lähiöt ovat aikanaan suunniteltu ja rakennettu hyvin tehottomasti ja niiden ympäristö on usein viimeistelemätöntä sekä hoitamatonta, mahdollistaa merkittävän lisä- ja täydennysrakentamisen. Olemassa olevia rakennuksia voidaan laajennetaa tai rakentaa kevytrakenteisia lisäkerroksia. (Koiso-Kanttila, Jouni. 2011.) Lähiö onkin kiinnostavaa täydennysmaata sijaintinsa, rakeisuutensa sekä olemassa olevan infrastruktuurinsa vuoksi. Betonielementtien kierrättäminen tarjoaakin erityisesti arkkitehtuurin, rakennustekniikan sekä energiatehokkuuden kannalta ratkaisun vastuulliseen lähiöuudistamiseen.





## 2. MITEN

### 2.1 Ennakkoluulot betonielementtien uudelleenkäytön esteenä

Purkuosista tapahtuva kierrätysrakentaminen poikkeaa monilta osin vallitsevasta standardoidusta, teollisesta rakennustavasta. Nykyisin suunnittelun lähtökohtana on helppo ja tehokas rakennettavuus. (Talja, Asko. 2014.) Etenkin arkkitehdit voivat nähdä rajoittavaksi tekijäksi sovittaa suunnitelmansa jo olemassa olevien rakennusosien mukaiseksi, mutta myöskään insinöörit eivät mielellään ota standardoimattomien materiaalien käyttämiseen liittyvää riskiä. (Huuhka, Satu. 2010.)

Rakennusosien kelpoisuuteen kohdistuukin sekä asiakkaiden, että suunnittelijoiden taholta erilaisia ennakkoluuloja. Useimmiten ennakkoluulot koskevat betonin laatua, ja sen kärsimiä vaurioita, eristeiden mikrobi- ja homevaurioriskin olemassaoloa sekä uuden rakennuksen odotettavissa olevaa käyttöikää. (Huuhka, Satu. 2011.) Elementtien käyttöiän riittävyys arvioidaan terästen väsymisen, betonin karbonatisoitumisen sekä muovien haurastumisen perusteella. Kosteus-, lämpö-, ääni-, palo- sekä lujoustekniset seikat ja valmistustoleranssit vaikuttavatkin kaikki osaltaan siihen, onko esimerkiksi elementtejä mahdollista käyttää uudelleen. Rakennusosan tai tuotteen uudelleenkäytön yhteydessä onkin aina osoitettava, että se vastaa myös nykyisiä vaatimuksia. (Talja, Asko. 2014.)

Uudelleenkierrätyksen edelläkävijämaassa Saksassa, ehjänä puretut elementit ovatkin todettu hyvin tasalaatuisiksi. Uudelleenkäyttö on osoittautunut lisäksi 30 prosenttia edullisemmaksi rungon ja vaipan kustannuksissa. (Betoni-lehti. 2011.) Elementtilähiöt voidaankin nähdä materiaalipankkina betonielementtien uudelleenkäyttöä ajatellen. Kun betonin vaurioitumismekanismit tunnetaan, uudelleenkäyttöön voidaan valita sellaisia rungon osia, jotka ovat olleet esimerkiksi sisätiloissa säältä suojassa. Homevaurioiden ja mikrobien osalta sandwich-elementtien villa on todettu epäsuotuisaksi kasvuympäristöksi sienille sekä homeille (Huuhka, Satu. 2011).

Myös nykyiset kerroskorkeusvaatimukset usein eroavat aikaisemmin käytetyistä. Asuinrakentamista säätelevä rakennusmääräyskokoelman osa G1 säättää nimittäin asuinkerrostalon korkeudeksi nykypäivänä 3,00 metriä, kun se vielä 1970-luvulla oli 2,8 metriä. Kerroskorkeutta koskeva vaatimus rajoittaakin elementtien uusiokäyttöä kerrostaloissa, mutta pientalojen sekä vapaa-ajanrakennuksien osalta betonielementtien uudelleenkäyttö on mahdollista, sillä pientalojen osalta minimihuonekorkeudeksi on määritetty 2,4 metriä. (Suomen Rakentamismääräyskokoelma, G1. 2005.) Uudet nykyisiä rakennuksia pienemmät ja matalammat asuinrakennukset antaisivat kaivattua ilmettä ja vaihtelevuutta nykyisiin korttelirakenteisiin. (Koiso-Kanttila, Jouni. 2011.)

### 2.1.1 Elementtitekniikka mahdollistaa ehjänä purkamisen

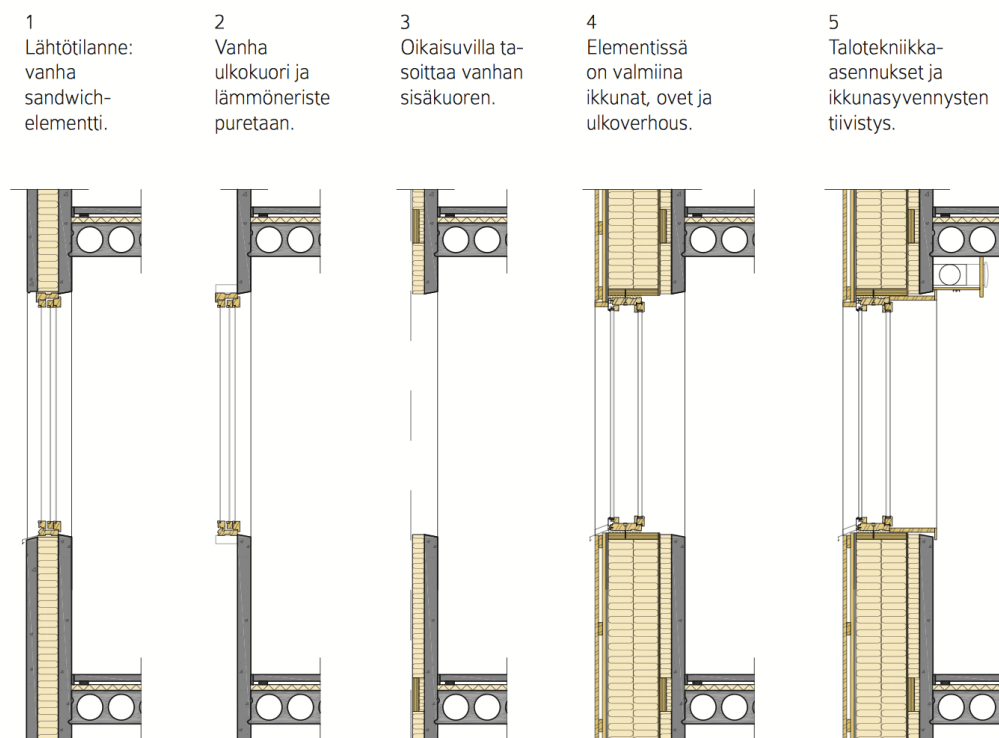
Ehjänä purkaminen on suomalaisittain lähes tuntematon tekniikka. Siinä elementtien asennusjärjestys suoritetaan ikään kuin päinvastaisessa järjestyksessä. Rakennus riisutaan ensin kaikista täydentävistä materiaaleista sekä sisältä että ulkoa. Tämän jälkeen elementtien nostolenkit kaivetaan esiin, liitokset avataan ja elementit nostetaan alas kokonaisina kerros kerrokselta. (Huuhka, Satu. 2010.)

Kun betoni 1960-luvulla syrjäytti tiilen käytetyimpänä kantavana rakenteena kerrostaloissa. Yleisimmäksi runkotyypiksi tuli kirjahyllyrunko. Siinä yhdistyivät paikalla rakentaminen ja elementtirakentaminen. Kantavat väliseinät ja välipohjat valettiin paikalla suurmuoteilla. Portaat, parvekkeet, ilmanvaihtokanavat ja kevyet väliseinät olivat kuitenkin usein elementtirakenteisia. (Mäkiö et al. 1994.) Julkisivut rakennettiin kokonaan tai osittain elementeistä. Yleisin käytetty ulkoseinärakenne niin kantavissa kuin kevyissä seinissä oli betonirakenteinen sandwich-elementti. (Huuhka, Satu. 2010.)

Sandwich-elementti on betonielementtitehtaalla valmistettu julkisivuelementti. Sen sisä- ja ulkokuori liitetään toisiinsa sideraudoittein, jotka siirtävät ulkokuoren painon sisäkuorelle. Kuorten välissä on lämmöneriste, joka on useimmiten lasi- tai mineraalivillaa. (Paroc.)

Betonirunkoisten rakennuksen välipohja-, palkki- ja pilarielementtien yhteydessä ongelmana on toistaiseksi ollut se, että ne ovat usein sidottu lujasti betonilla yhteen, joka vaikuttaa oleellisesti niiden irrottamiseen ehjänä. Elementeistä on usein myös poisleikattu nostolenkit asentamisen yhteydessä. Toinen ongelma liittyy säälle alttiiden pintojen heikentymisestä karbonatisoitumisen johdosta ja piilossa olevien betoniterästen ruostumisesta. Tämän vuoksi ilmastolle alttiiden betonirakenteiden betoni ja teräs kierrätetään yleensä murskauksella sekä magneettisella erottelulla. Ontelolaattojen ja väliseinäelementtien uudelleenkäytössä näitä ongelmia ei samalla tavalla ole. (Talja, Asko. 2014.)

Rakennusten suunnittelua uudelleenkäyttöä ja kierrätystä varten on käsitelty mm. RIL 216 (2013) ohjeessa. Purettavuuden pääperiaate on, että eri käyttöikä tai kierrätettävyyksittelyä omaavat rakennusosat ovat selkeästi erillään. Tämä tarkoittaa sitä, että esimerkiksi kantavan rungon, pintarakenteiden sekä installaatioiden tulee olla selkeästi erillisiä rakenteita, jolloin jokainen kokonaisuus on mahdollista purkaa erikseen. Tämä nopeuttaa osien vaihtoa ja helpottaa rakennusosien uudelleenkäyttöä. Koska rungon tai sen osien käyttöikä on yleensä moninkertainen koko rakennuksen käyttöikään nähden, tulisi myös runko suunnitella osien uudelleenkäyttöä ajatellen.



Kuva 6: TES-elementti eli *timber based element system* kiinnitetään vanhan ulkoseinäelementin sisäkuoreen. Tämä mahdollistaa energiatehokkuuden parantamisen ekologisella tavalla

## 2.1.2. TES-järjestelmä moderniksi vastineeksi betonielementtirakennusten peruskorjaukseen

Vastoin yleisiä ennakkoluuloja, 1970-luvun elementtitekniikka ei ollut niin huonoa kuin on esitetty. Julkisivuelementtien ulkokuori on kuitenkin tullut joissain tapauksissa käyttöikänsä päähän, mutta nykyisten lisälämmöneristysjärjestelmien ja suojaavien julkisivupinnoitteiden sekä -verhousten avulla ongelma on helposti ratkaistavissa. (Huuhka, Satu. 2010.)

Betonielementtien uudelleenkäytön työtavat mukailevatkin uudis- ja korjausrakentamiessa käytettäviä tekniikoita. Lisälämmöneristäminen sekä pinnan verhoilu ovat tuttuja jo aiemmista energiakorjauksista. Uudiskohteen käyttötarkoitus määrittelee kuitenkin lisälämmöneristämistarpeen, sillä asuinkäytössä tulee yleisesti ottaen pyrkiä matalaenergiatasoon, mutta kylmät rakenteet puolestaan tarvitsevat vain pintaverhoilun tai -käsittelyn arkkitehtonisista syistä tai vaurioitumisen pysäyttämiseksi. (Huuhka, Satu. 2010.)

Uudet rakentamismääräykset mahdollistavat kuitenkin myös keveiden puurakenteisten lisäkerrosten rakentamisen asuinkerrostaloihin, sekä rakennusten ulkoseinien korjaamisen ja lisäeristämisen keveillä puurunkoisilla elementeillä. Julkisivukorjauksia varten onkin kehitetty TES-järjestelmä, joka perustuu puurunkoisiin keveisiin suurelementteihin. Elementit kiinnitetään betonisen ulkoseinäelementin sisäkuoreen ja ne voivat keveytensä puolesta olla useamman kerroksen korkuisia. (Suomen rakentamismääräyskokoelma, E1. 2011.)

Betonielementtirakennuksien peruskorjaaminen esivalmistettuja puuelementtejä käyttäen mahdollistaa aikakaudelle tyypillisen teollisen esivalmistuksen ja betonielementtirakentamisen vastineeksi modernin vastineen puuelementein tapahtuvasta korjausrakentamisesta. Käytännössä tämä voisi tarkoittaa sitä, että rakennusten huonokuntoinen vanha ulkokuori ja lisälämmöneristeet puretaan, jolloin esivalmistetut puurakenteiset julkisivuelementit kiinnitetään työmaalla ulkoseinän betonisisäkuoreen. (Tulamo, Tomi. 2010.)

Elementtikerrostalon korjaaminen puurunkoisin julkisivuelementein on luonteva ratkaisu. Elementtien käyttö nopeuttaa rakentamista, ja asukkaiden kannalta vaivalloinen työmaavaihe kestää lyhyen aikaa. (Hotakainen, Tiina. 2010.)

### 2.1.3. Kierrätystavoite vaatii arkkitehdilta entistä enemmän luovuutta

Betonielementeistä puhuttaessa uudelleenkäytön estetiikka muodostuu materiaalin teknisten lähtökohtien ja suunnittelijan mielikuvituksen muodostamasta kombinaatiosta. Massoittelullisesti tietty suorakulmainen rationaalisuus on aina läsnä, sillä suora elementti ei taivu orgaaniseen muotoon. (Huuhka, Satu. 2010.) Mikään ei kuitenkaan estä täydentämästä suunnitelmaa uusilla, muodoltaan poikkeavilla rakenteilla. On kuitenkin oleellista muistaa, että mitä enemmän uutta materiaalia käytetään, sitä vähemmän kierrätetään.

Asuntojen muuntojoustavuus on ollut asuntosuunnittelun kehittämistyön keskeisiä tavoitteita viimeisen kymmenen vuoden ajan. Viimeaikoina on tutkittu myös paljon nykypäivän asumistoi-veita ja -mahdollisuuksia suhteessa olemassa olevaan rakennuskantaan. Muun muassa Aran järjestämä Asuinalueiden kehittämisohjelma MuutosMallit, on kehittänyt suunnitteluratkaisuja joustavaan ja monimuotoiseen asuntorakenteeseen. (Achré, Hanna. 2015.)

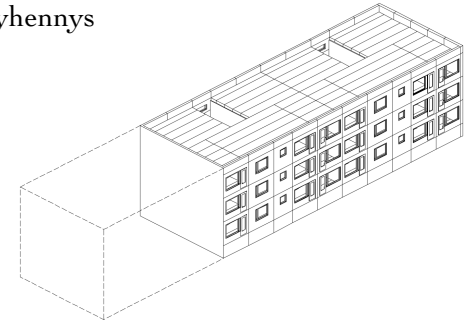
Kehittämistyön tuloksena on saatu joustavuutta asumiseen. Muutossuunnitelmat ovat käsittäneet asunnon sisäisiä muutoksia, asuntojen yhdistämistä sekä sen jakamisen malleja erikokoisiksi ja eritoimintaisiksi yksiköiksi. (Kaasalainen, Tapio. 2015.) Tämä kehitystyö näyttää kuitenkin olevan hyvin vireillä, eikä tähän kehitystyöhön tässä kandidaatintyössä oteta enempää kantaa.

Yleisenä tavoitteena kerrostaloasunnon kehittämisessä tulisi kuitenkin olla, että asunnon muunneltavuutta ja sopeutumista eri tilanteisiin tuettaisiin rakenteellisin ratkaisuin. Väliseinärakenteiden tulisi olla kevyitä väliseiniä, jolloin rakennusrunko toteutetaan pilari-laattarakenteena. (Helsingiläinen kerrostaloatlas. Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto. 2006.)

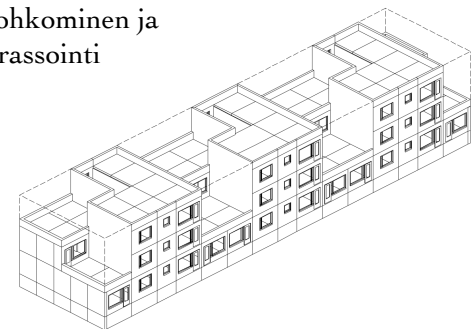
Korkea kierrätystavoite edellyttää kuitenkin arkkitehdilta nöyryyttä hyväksyä käytettävissä olevan materiaalin ominaisuudet määrääväksi lähtökohdaksi, vaikka se rajoittaisi hänen ideointi- ja ilmaisuvapauttaan. Toisaalta tällaisessä tilanteessa ei ole periaatteessa mitään uutta, sillä näin on myös jokaisessa suunnittelutehtävässä, jossa rakennuttaja määrittelee käytettävät materiaalit. (Huuhka, Satu. 2010.)

Uudelleenrakentaminen voi sisältää kaikki peruskorjauksen toimenpiteet. Ääritapauksessa vanhasta rakennuksesta jää jäljelle vain kantavat rakenteet, joiden pohjalta ryhdytään rakentamaan uutta rakennusta. Uudistamisella on mahdollista muuttaa rakennuksen tilojen käytettävyyttä. Talotekniikka voidaan uudistaa täysin ja tarvittavat verkostot johtaa uusia reittejä huoneistoihin. (VTT. 2010.)

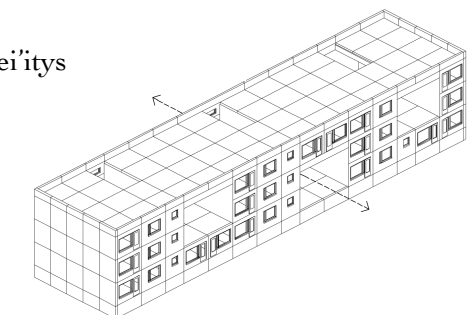
Lyhennys



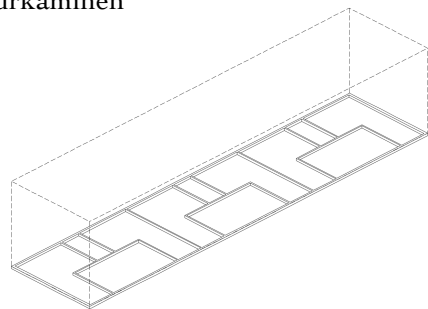
Lohkominen ja terassointi



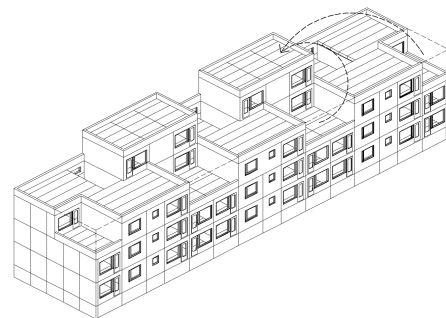
Rei'itys



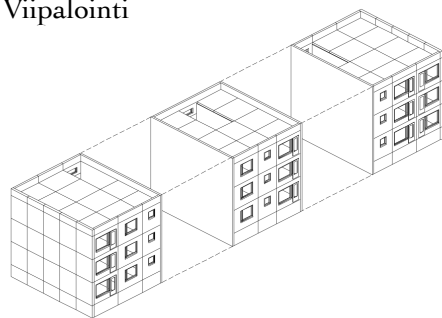
Kokonaan  
purkaminen



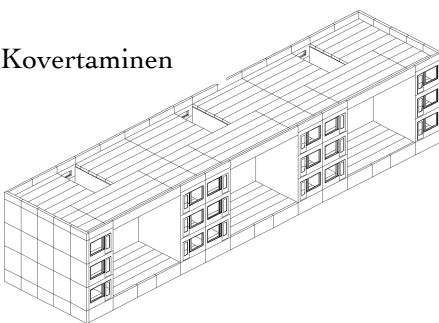
Siirtäminen



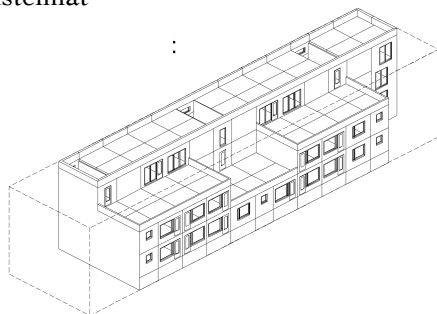
Viipalointi



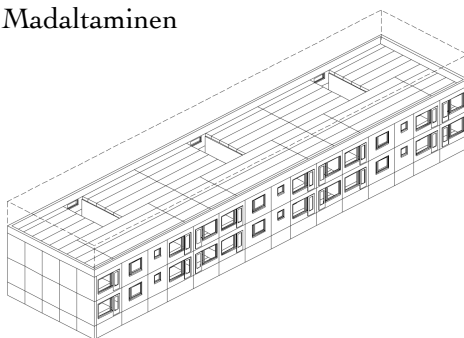
Kovertaminen



Edellisten  
yhdistelmät



Madaltaminen





### 3.1 OSITTAISEN PURKAMISEN ESIMERKKIPROJEKTEJA



Oleanderweg ennen muutosta





## Oleanderweg

Stefan Forters  
Oleanderweg  
NEUSTADT, Saksa  
2008

Lähiökerrostalot madallettiin siten, että ylimmille asunnoille on muodostettu kattoterasseja. Sisäänkäyntien tiilimuurit ovat Forterin arkkitehtuurille tyypillinen tyylikeino.





# Plattenbau Goethestrasse

Neufeldt Voigt Architekten  
Büchnerstraße 42-44  
Plattenbau Goethestrasse, Saksa  
2003

Ratkaisuksi kaupungin vuokra-asuntojen  
käyttöasteen nostamiseen ja koko kaupungin imagon  
sekä houkuttelevuuden parantamiseksi valittiin  
elementtikerrostalojen purkaminen sekä radikaali  
korjaaminen.









# Stadtvillen Leinefelde

Neufeldt Voigt Architekten  
Einsteinstraße 9-37  
Stadtvillen Leinefelde  
2004

Lähes 200 metriä pitkä lamellitalo viipaloitiin kahdeksaksi itsenäiseksi kaupunkivillaksi. Julkisivut lämpörapattiin ja leijuvat, ripustetut noppaparvekkeet ryhdittävät julkisivua.













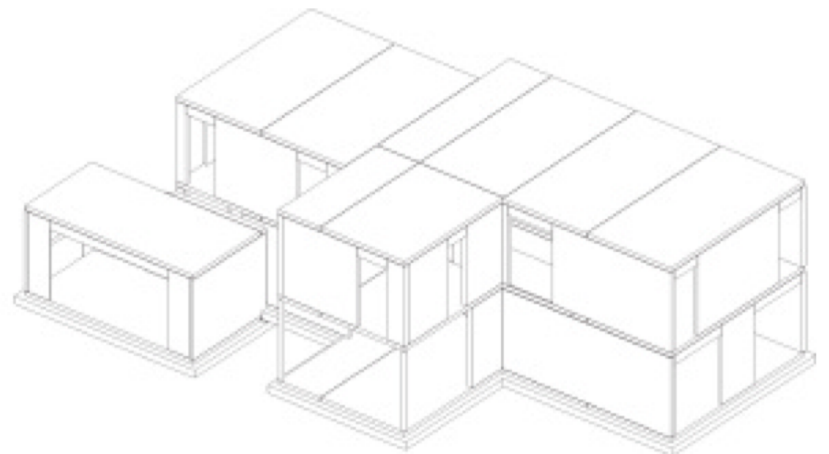
### 3.2 BETONIELEMENTTIEN UUDELLEENKÄYTÖN ESIMERKKIPROJEKTEJA



#### Ahrensfelde

Arkkitehtitoimisto Conclus / Hervé Biele  
Mehrower Dorfstraße 29  
Ahrensfelde, Saksa  
2005

Elementit saatiin Berliinin Marzahn-lähiöstä, noin 5 km päästä rakennuspaikasta. Runko ja vaippa 30 - 40 % edullisemmaksi kuin, jos olisi rakennettu täysin uusista raaka-aineista. Rakennus on matala-energiatalo, joka kuluttaa alle 60 Kwh/m<sup>2</sup>. Rakennusaika oli viisi kuukautta.







## COTTBUS

Arkkitehtitoimisto Zimmermann + partner  
Theodor-Storm-Straße 10  
COTTBUS, Saksa  
2002

Sachendorf-Madlowin lähiössä oli yhdeksän kerrostaloa, joista yksi purettiin kokonaan ja muut kahdeksan peruskorjattiin. Tälle samalle tontille rakennettiin puretuista elementeistä viisi 2-3 kerroksista kaupunkivillaa. Kaupunkivillat tulivat 15-20% edullisemmaksi kuin uudesta rakennettaessa. Tavoitteena oli kaupunkitilan parantaminen, asumismuotojen monipuolistaminen sekä vaikeasti vuokrattavien asuntojen vähentäminen.



## Yhteenveto

Radikaali muutos lähiöiden arkkitehtuurissa tarjoaa mahdollisuuden kohottaa nykyisten lähiöiden imagoa houkuttelevana sekä monipuolisena asuinalueena. Betonielementtejä purkamalla saadaan aikaiseksi vaihtelevaa ja monipuolista arkkitehtuuria. Lisäksi se, että kerrostalovaltaiselle alueelle tulee aiempaa pienempimittakaavaisempaa rakentamista, auttaa lähiöitä vaivaavan segregatiokierteen purkamisessa.

Tutkimuksen tuloksista on nähtävissä, että nykyiset betonielementit lähiöissämme sopivat hyvin uudelleenkäyttöön ja tarjoavat varteenotettavan mahdollisuuden lähiöiden kehittämiseen. Betonielementtien osittaisen purkamisen ja uudelleenhyödyntämisen avulla on mahdollista luoda mielenkiintoista ja ekologista arkkitehtuuria.

Tämä on tärkeä tulos siksi, että maapallo ei ole loputon varasto luonnonvaroja ihmisen tarpeisiin. Kerran käyttöön otettuja resursseja tulisi hyödyntää mahdollisimman pitkään. Myöskään nykyinen ideologia siitä, että biologisen monimuotoisuuden sekä ekosysteemin säilyttämisen voisimme ratkaista käyttämällä vähemmän materiaaleja, ei pidä paikkaansa. Tämä johtaa ainoastaan varsinaisen ongelman lykkäämiseen, mutta ei tarjoa siihen ratkaisua.

Vaikka betonielementtien uudelleenkäyttö ei tarjoa kaiken kattavaa ratkaisua niissä piilevän materiaalin jatkuvaan hyödyntämiseen, on se huomattavasti ekologisempi ratkaisu kuin uusien, vastaavien elementtien tuottaminen. On toki huomioitava, että kierrätysrakentaminen ei voi kilpailla volyymissä täysin uudesta tapahtuvan uudisrakentamisen kanssa. Nykyinen luonnonvarojen jatkuva käyttäminen ilman materiaalin kierrätyksen huomioonottoa, ei ole kestävällä pohjalla.

Lähiöissä olevat betonielementit tulisi nähdä materiaalipankkina tulevaisuutta ajatellen. Elementtien uudelleenkäyttö on toki vain yksi vaihe materiaalinkierrossa ja jatkotutkimuksissa tulisi perehtyä siihen, miten tämän jälkeen elementteihin käytetyt luonnonvarat saadaan jälleen kiertoon. Tällä hetkellä ne soveltuvat kuitenkin hyvin hyödynnettäväksi myös muuhun käyttöön kuin murskeena maarakentamisessa.



# Lähdeluettelo

Braungart, Michael; McDonough, William. 2008. Credle to Cradle: remarking the way we make things. Jonathan Cape.

Hurme, Riitta. 1991. Suomalainen lähiö Tapiolasta Pihlajamäkeen. Suomen tiedeseura. Helsinki.

Ympäristöministeriö, Remonttiryhmä. 2014. Toimiva korjauskulttuuri lähiöihin. Helsinki.

Suomen rakentamismääräyskokoelma, E1. 2011. Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta. Ympäristöministeriö. Helsinki.

Saarinen, Elina. 8/2008. Vanhojen kerrostalojen betoni uusiokäyttöön. Uusiouutiset. Jyväskylä.

Laukkanen, Markku. 2013. Massiivinen jälleenrakentaminen edessä Suomen lähiöissä. Puuinfo. Helsinki.

VTT. 2014. Purkusuunnittelu osaksi rakentamista - osien uudelleenkäyttö ja kierrätys parantavat rakennusten energiatehokkuutta. Helsinki.

Huuhka, Satu. 2010. Kierrätys arkkitehtuurissa. Betonielementtien ja muiden rakennusosien uudelleenkäyttö uudisrakentamisessa ja lähiöiden energiatehokkaassa korjaus- ja täydennysrakentamisessa. Tampereen teknillinen yliopisto. Arkkitehtuurin laitos. Tampere.

Suomen Rakentamismääräyskokoelma, G1. 2005. Ympäristöministeriö. Helsinki.

Mäkiö Erkki, Malinen Maarit, Neuvonen Petri, Vikström Kari, Mäenpää Risto, Saarenpää Jukka, Tähti Esko . 1994. Kerrostalot 1960–1975. Rakennustietosäätiö. Tammer-Paino Oy.

Valtioneuvoston asetus jätteistä, 2012/179. 2012. Finlex.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2008/98/EY. 2008. Euroopan jätepuitedirektiivi. EUR-lex.

Energianeuvonta. <http://www.eneuvonta.fi/rakenna/energiatehokas-kokonaisuus-suunnittelijoiden-yhteistyolla>

Tulamo, Tomi. 2011. Lääkkeitä lähiöön. Puun mahdollisuudet lähiösaneerauksessa – korttelin peruskorjauskonsepti Riihimäen Peltosaareen. Diplomityö. Aalto-yliopisto, Teknillinen korkeakoulu, Arkkitehtuurin laitos. Espoo.



Kaasalainen, Tapio. 2015. Ikääntyvät asukkaat ja asunnot. Vaihteelliset esteettömyysparannukset lähiökerrostaloissa. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto, Arkkitehtuurin laitos. Tampere.

Vakkuri, Riikka. 2011. Purkubetoni hyödynnetään, mutta vielä yksipuolisesti. Betoni-lehti.

Hotakainen, Tiina. 2010. Lähiökorttelin uudistaminen Porvoon Länsirannalla. Diplomityö. Oulun yliopisto, arkkitehtuurin osasto, Oulu.

Koiso-Kanttila, Jouni. 2011. Puun mahdollisuudet lähiösaneerauksessa. Oulun Yliopisto, Arkkitehtuurin osasto.

Lahti, Nieminen, Nikkanen et al. 2010. Riihimäen Peltosaari. Lähiön energiatehokas uudistaminen. VTT. Espoo.

## Kuvalähteet:

1 Howard, Ebenezer. garden city. <https://scodpub.files.wordpress.com/2011/03/city-group.png>

2 Lehtonen, Kai. Espoon kaupungin museo. <http://www.mfa.fi/files/mfa/tapiola/13-3748.jpg>

3 Piironen, Heidi. 2014.. Nämä Jakomäen talot toteuttivat unelmat, nyt ne puretaan. Helsingin Sanomat. <http://www.hs.fi/kuukausiliite/a1414555862365>

4 Timber based element system. Puuinfo. [http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/tes\\_system\\_2012-09-18\\_lowres.pdf](http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/tes_system_2012-09-18_lowres.pdf)

5 Hinkula, Seppo. 2012. Oulu. [http://www.vastavalo.fi/albums/userpics/11859/normal\\_Syksy2012\\_16918.jpg](http://www.vastavalo.fi/albums/userpics/11859/normal_Syksy2012_16918.jpg)

Huuhka, Satu. 2010. Huuhka, Satu. 2010. Kierrätys arkkitehtuurissa. Betonielementtien ja muiden rakennusosien uudelleenkäyttö uudisrakentamisessa ja lähiöiden energiatehokkaassa korjaus- ja täydennysrakentamisessa. Tampereen teknillinen yliopisto. Arkkitehtuurin laitos. Tampere.

Arkkitehtitoimisto Neufeldt Voigt Architekten. <http://www.neufeldt-voigt.de>